

B. Sustancias orgánicas insolubles principalmente constituyentes del protoplasma:

Núcleo proteínas .....	32.3
Acidos nucleicos.....	2.5
Globulinas .....	0.5
Lipoproteínas .....	4.8
Grasas neutras .....	6.8
Fitoesterol.....	3.2
Fosfátidos .....	1.3
Otra materia orgánica.....	3.5
C. Materia mineral, aproximadamente la mitad soluble en agua .....	4.4

Este análisis, muestra que la mayor parte de la materia orgánica en un plasmodio de esta especie está constituido por proteínas y otros compuestos nitrogenados.

Los lípidos constituyen una fracción pequeña de protoplasma, en comparación con las proteínas. Hay tres tipos de lípidos: las grasas verdaderas, los fosfátidos (fosfolípidos), y los esteroides, de los cuales el fitoesterol es un ejemplo, los aceites se encuentran generalmente suspendidos en el protoplasma en forma de pequeños glóbulos. Muy importantes como reservas alimenticias, en cambio se cree que los esteroides y los fosfolípidos son constituyentes esenciales del sistema protoplasmático.

Es probable que los carbohidratos y los aminoácidos hidrosolubles presentes en el plasmodio de esta especie sean en su mayor parte alimentos.

Los compuestos inorgánicos son en su mayoría fosfatos, carbonato de magnesio, potasio, sodio y calcio.

#### LAS PROPIEDADES FISICAS DEL CITOPLASMA

Son muy grandes las dificultades que se presentan para poder determinar las propiedades físicas del citoplasma. El sistema citoplasmático es tan dinámico y sensible a los cambios, que puede asegurarse que casi todos los procesos experimentales a que se someten alteran sus propiedades físicas. Por lo general, es muy difícil estimar la magnitud de tales alteraciones y de ellos se derivan serias discrepancias en los resultados obtenidos por diferentes investigadores.

No obstante, ciertas generalizaciones parecen tener amplia aceptación.

Transparencia. Aparte de ciertas estructuras pigmentadas, como los cloroplastos, el citoplasma es por lo común transparente a las longitudes de onda correspondiente al espectro visible, cuya longitud de onda oscila entre 380 a 770 nanómetros (nm).

Elasticidad. Parece que el citoplasma puede cambiar propiedades de fluidez y elasticidad en grado poco común en los sistemas físicos, el citoplasma de las células vegetales, por ejemplo puede ser estirado en largos hilillos que se retraen rápidamente a la masa citoplasmática cuando se les suelta.

Sin embargo, el citoplasma no es invariablemente elástico ya que en ciertos grados de viscosidad puede ser más plástico que elástico y un protoplasma muy fluido es difícil que evidencie cierta extensibilidad elástica.

Viscosidad. La viscosidad del citoplasma de las células vivientes puede variar dentro de límites muy amplios y con extensa rapidez inclusive se ha demostrado que partes diferentes del citoplasma no diferenciado de una célula viviente, pueden tener diferente viscosidad. En general la mayor parte del citoplasma de células fisiológicamente activas es muy fluido, mientras que en las células en estado de reposo, como en las semillas puede ser tan viscoso como un gel firme.

La viscosidad del citoplasma de las células activas puede cambiar rápidamente como consecuencia de excitaciones mecánicas, cambios de temperatura y de acidez y como consecuencia de su exposición a varios compuestos químicos. La deshidratación aumenta la viscosidad del citoplasma y la muerte de la célula produce el mismo efecto, pero en forma más marcada.

Insolubilidad en agua. Cuando el citoplasma es extraído de una célula e introducido en un medio acuoso puede comprobarse que, comunmente, no se mezcla con el agua. La incapacidad del citoplasma de dispersarse en el agua, resulta, por lo menos en parte de la composición de una membrana superficial con compuestos semejante a las grasas, las cuales son insolubles en agua. Cuando se perfora esta película superficial, el citoplasma de una célula activa se dispersa rápidamente en el agua.

Gelación. Una de las propiedades más asombrosas del sistema protoplasmático de las células fisiológicamente activas es su capacidad para sufrir transformaciones reversibles del tipo Sol-gel en el citoplasma, como en los sistemas físicos, no es posible trazar una línea divisoria precisa entre soles hidrofílicos y geles, pudiéndose verificar toda la gama entre los dos extremos.

Capacidad de coagulación. El sistema proyooplasmático de la mayor parte de las células fisiológicamente activas se destruye a temperaturas de 60° o superiores. Se considera que la muerte de las células vegetales a tales temperaturas resulta de la coagulación de algunos constituyentes proteicos del protoplasma. También otros factores pueden provocar su coagulación por lo menos en algunas especies como ciertos electrólitos, corrientes eléctricas, congelamiento, presión mecánica, ondas supersónicas y ciertas longitudes de onda de energía radiante (especialmente radiaciones ultravioleta, rayos X, radiaciones del radio).

#### Propiedades eléctricas.

Las micelas constituyentes del citoplasma están por lo general cargadas negativamente. El citoplasma es un sol complejo y como tal, no tiene punto isoeléctrico, sino más bien, zona isoeléctrica. Algunos estudios indican que esta zona entre p H 4. 6 y

pH 5.0. Sin embargo, es muy probable que tal zona isoeléctrica, no sea uniforme en toda la extensión del citoplasma de una misma célula.

Como el citoplasma tiene electólitos disueltos, es de pensar que es un conductor de electricidad. Sin embargo, su conductividad es muy baja, correspondiendo a la de una solución salina muy diluída.

Corriente citoplasmática. En los casos mas simples de movimiento citoplasmático, este consiste de la rotación del citoplasma alrededor de las superficies internas de la pared celular. Cuando se forman cordones de citoplasma entre las vacuolas, como en el caso de las células de los pelos del estambre de Tradescantia (hierba del pollo), la circulación puede volverse muy compleja. La velocidad de la circulación citoplasmática raras veces excede 0.1 mm por segundo. Los plástidos y gránulos visibles son pasivamente arrastrados alrededor de la célula. Se desconocen las causas que producen las corrientes de movimiento citoplasmático. (ciclosis). Este movimiento se acelera cuando aumenta la temperatura, hasta el punto de que puede producirse traumatismo, se modera cuando baja la temperatura, y cesa por completo cuando ésta se acerca al punto de congelación. La ciclosis y por la acción de los anestésicos en concentraciones relativamente altas. En concentraciones diluídas, sustancias tóxicas, tales como el sulfato de cobre y los narcóticos, aceleran el movimiento. Bajo ciertas condiciones, la luz parece que produce el mismo efecto.

#### PARED CELULAR

Salvo excepciones, todos los organismos tienen un soporte mecánico de alguna clase

para mantener su forma definida. En el mundo animal, este soporte es en algunos un exoesqueleto dentro del cual otras células son confinadas a un endoesqueleto en el cual otras células están unidas. En el mundo vegetal, cada célula está encerrada en una estructura rígida llamada pared celular, (fig 5-4) la célula animal no posee esta estructura. La pared celular es generalmente una parte no viviente de la célula, la cual es secretada y mantenida por la porción viviente de la célula llamada protoplasto.

El componente principal de la pared celular es la celulosa, un compuesto formado por cadenas de muchos cientos de moléculas de glucosa formadas durante la fotosíntesis. Además de la celulosa, compuestos pécticos, hemicelulosa, lignina, suberina, proteínas y cutina representan los principales compuestos de la pared celular.

Formación de la Pared Celular. La formación de la pared celular es iniciada durante la fase de la mitosis llamada telofase, muchos investigadores creen que el retículo endoplásmico es el que participa en la formación de la placa celular o lamela media. Se puede pensar que la lamela media actúa como la sustancia que une a las células.

Un compuesto en particular pectato de calcio (calcio y ácido péptico) es más abundante en la lamela media y actúa como la sustancia que une a las células. Además, las características suaves del fruto durante el proceso de maduración es causada por una gran extensión de las sustancias pépticas de la lamela media. Pasa a ser más soluble. Esto es, estas sustancias pierden sus enlaces por medio de las enzimas peptolíticas, las cuales aumentan su actividad durante la maduración del fruto.

Pared primaria. La pared primaria rodea la lamela media y es el primer producto de la pared celular sintetizada por el protoplasto, y así la célula aumenta en tamaño, la pared primaria es relativamente delgada y elástica, espesa y ligeramente rígida solamente después de completada la elongación celular. Recientes investigaciones prueban que la pared primaria contiene sustancias pépticas, hemicelulosa y celulosa, con las sustancias pépticas que están presentes en abundancia y tienen un papel muy importante en el desarrollo de la pared durante el crecimiento celular.

Pared secundaria. Como en las células maduras, la pared celular aumenta en sus capas de celulosa y son secretadas por el citoplasma. La pared se vuelve menos flexible y, finalmente inelástica. Es indudable que cesa la elongación

celular con la formación de la pared secundaria.

El constituyente más conspicuo de la pared secundaria es la celulosa. Las capas de la pared celular están de tal forma dispuestas para proteger los estadios del crecimiento celular, que en muchos casos es casi pura celulosa. Un ejemplo característico es el de las fibras de algodón en el cual el 90% del peso seco es celulosa.

#### MEMBRANA CELULAR O PLASMÁTICA

Muchos materiales que se encuentran en el medio ambiente de la célula no perturban el paso a través de la pared celular. La célula posee otra barrera a la entrada de materiales necesarios hacia su interior. Directamente unida al interior de la pared y rodeando el protoplasma hay una estructura delgada, delicada, flexible llamada membrana celular o plasmalema. Así la membrana encierra el citoplasma y nosotros podemos asegurar que la membrana provee la protección de todo el sistema viviente.

La membrana celular tiene un papel muy importante en regular el paso de materiales dentro y fuera de la célula. En otras palabras, la membrana celular es diferencialmente permeable, así ciertos materiales pasan a la célula pero otros son excluidos, en adición, la membrana celular permite sólo un sentido para ciertos materiales hacia la célula y bloquea su paso hacia afuera. Por ejemplo, ciertos minerales esenciales pueden ser acumulados en la célula en altas concentraciones y los podemos encontrar en el medio ambiente celular. Pero lo más importante para la célula es que la membrana no deja penetrar compuestos tóxicos hacia el citoplasma, con excepción algunos de estos compuestos si lo gran penetrar.

El que una membrana deje penetrar moléculas de una sustancia depende de su estructura o del tamaño de sus poros. Se dice que la membrana es permeable si permite el paso de cualquier sustancia, e impermeable si no deja pasar ninguna. Cuando deja pasar ciertas sustancias, se dice que posee permeabilidad diferencial o selectiva; la permeabilidad es una propiedad de la membrana y no de la sustancia en difusión. Todas las membranas que rodean células, núcleos, vacuolas y estructuras subcelulares poseen permeabilidad diferencial.

El análisis químico y físico de la membrana celular muestra que esta formada por lipoproteínas, teniendo en el centro lípidos moleculares (biomoléculares) entre capas monomoleculares de proteínas Robertson (1962) postuló que el grosor de la membrana es de 75 Å (fig 5-5).

#### INCLUSIONES DEL CITOPLASMA

Retículo Endoplásmico.— El citoplasma de las células meristemáticas está comunicado por una serie de membranas y vesículas entrelazadas, a la cual se le ha dado el nombre de retículo endoplásmico. Este sistema de membranas enlazadas tienen una estructura lipoproteínica parecida a la membrana celular. Aunque mantiene su apariencia general, el retículo endoplásmico puede modificarse durante el desarrollo y durante ciertas actividades de la célula.

De acuerdo a varias observaciones el retículo endoplásmico se continúa con la membrana nuclear hasta la superficie celular. En efecto las membranas de este sistema son encontradas en la pared primaria de algunas células

y casi siempre se extienden hasta las células vecinas, Ehaley et-al. (1959) puntualizó que las inclusiones del núcleo y del citoplasma están comunicadas por el retículo endoplásmico. Algunas bandas del retículo endoplásmico se extienden de una célula a la próxima y los núcleos de ambas células tienen un contacto directo.

Un corte tridimensional de la célula muestra que el retículo endoplásmico divide al citoplasma en pequeñas cavidades. Estas cavidades del citoplasma han sido estudiadas con mucha atención en años recientes. Dentro de estas cavidades ciertas enzimas y metabolitos pueden ser acumulados o exudados.

#### V A C U O L A S.

En células inmaduras, tales como las que encontramos en las regiones meristemáticas, la célula generalmente se encuentra ocupada por un denso citoplasma. Esparcidos por todo el citoplasma encontramos pequeñas gotas transparentes, las cuales aparecen bajo el microscopio como burbujas en agua. Estas gotitas son llamadas vacuolas. En la célula madura y elongada, las vacuolas pequeñas se fusionan para formar una vacuola cada vez más grande la cual llena la mayoría de la cavidad celular. En este caso el citoplasma es presionado contra la pared celular, formando una delgada membrana alrededor de la vacuola, denominada tonoplasto formado por lipoproteínas.

Las vacuolas contienen agua con numerosos materiales en solución y suspensión llamados comúnmente savia celular. El tonoplasto, así como con la membrana celular tienen permeabilidad diferencial.

En tejidos de plantas superiores la función primaria de las vacuolas es mantener la turgencia y la cantidad de agua constante. De esta manera la savia celular contiene sustancias tales como azúcares, sales minerales, ácidos orgánicos, ácidos aminados, amidas, alcaloides, glucósidos, flavinas y antocianinas. Grasas y compuestos similares suelen encontrarse como finas emulsiones. Proteínas, taninos, mucílagos, lípidos y otras sustancias se hallan presentes en estado coloidal. También es frecuente encontrar cristales de oxalato de calcio en las vacuolas de células maduras.

#### APARATO DE GOLGI

Estructura. El aparato de Golgi estudiado al microscopio electrónico está compuesto de dos estructuras distintas, una formada por las membranas enlazadas aplanadas y alargadas llamadas cisternas y varias esferas pequeñas llamadas vesículas, las cuales aparecen en grupos rodeando a las cisternas.

La membrana del aparato de Golgi se asemeja a la del retículo endoplásmico y por esto algunos investigadores creen que el retículo endoplásmico originó las cisternas y además surgieron que las pequeñas vesículas asociadas con las cisternas pueden fusionarse con éstas cisternas o fusionarse con otras vesículas para formar más cisternas.

Función. El aparato de Golgi no ha podido ser aislado, por lo tanto nosotros podemos especular, la teoría más aceptada establece que su función primordial es la de secreción. Otros han observado, que se concentra en la formación de la placa celular y por eso algunos conside-

ran que ésta es otra de sus funciones.

#### C E N T R I O L O .

El centríolo es un organoide citoplasmático que se ha encontrado hasta ahora en las células animales y en algunos vegetales inferiores, el centríolo aparece como un cilindro doble y 9 filamentos periféricos triples su posición dentro de la célula puede ser central axial o apical (GIESSE).

Función. La función de los centríolos es la de guiar a los cromosomas durante la mitosis, interviniendo en la formación de la estrella madre y estrella hija de la mitosis, estudios recientes han observado que uno de los dos centríolos forma cilios y flagelos.

#### EL LISOSOMA.

El concepto de lisosoma se originó por el desarrollo de técnicas de fraccionamiento celular que permitieron el aislamiento de diversos componentes subcelulares. En 1949 se aisló un tipo de partículas que tienen propiedades de centrifugación intermedias entre las mitocondrias y los ribosomas encontrándose que tenían un alto contenido en fosfatasa ácida y otras enzimas hidrolíticas entre las cuales encontramos cinco que digieren proteínas, cuatro ácidos nucleicos, quince polisacáridos y seis lípidos, y debido a sus propiedades enzimáticas fueron denominados lisosomas.

Los lisosomas están cubiertos por una membrana que no dejan salir las enzimas. Estas pueden ser liberadas por acción de distintos agentes líticos, como homogeneizador,